

ВУЛКАНОЛОГИЯ И СЕЙСМОЛОГИЯ

1988

№ 6

УДК 551.21

АЛИДИБИРОВ М. А., БОГОЯВЛЕНСКАЯ Г. Е., КИРСАНОВ И. Т.,
ФИРСТОВ П. П., ГИРИНА О. А., БЕЛОУСОВ А. Б.,
ЖДАНОВА Е. Ю., МАЛЫШЕВ А. И.

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ В 1985 г.

ERUPTION OF BEZYMANNYI VOLCANO IN 1985, by Alidibirov M. A., Bogoyavlenskaya G. E., Kirsanov I. T., Firstov P. P., Girina O. A., Belousov A. B., Zhdanova E. Yu., and Malyshev A. I. The eruption of Bezmyannyi Volcano in the summer of 1985 proved to be the largest after the catastrophic event of 1956. The directed blast has destroyed a part of the extrusive dome, producing specific pyroclastic deposits and a series of pyroclastic flows.

Detailed investigations of eruption products made it possible to distinguish the genetic types of pyroclastic deposits. Although the catastrophic eruption of 1956 can not be compared with the eruption of 1985, both eruptions exhibit common features in the course of the processes.

(Received December, 1987)

Institute of Volcanology, Far East Division, USSR Academy of Science, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, USSR

Введение

Вулкан Безымянный - один из самых активных вулканов Камчатки. Новый цикл эруптивной активности вулкана, продолжающийся до настоящего времени, начался катастрофическим извержением 1955 - 1956 гг., вслед за которым в кратере началось формирование внутрикратерной экструзии купол Новый [3, 4].

В современном эруптивном цикле вулкана выделяются десятилетние периоды изменения характера активности.

1. Первое десятилетие (1955-1965 гг.) характеризовалось почти непрерывным выжиманием жестких блоков внутрикратерной экструзии, периодически сопровождающимся сильными взрывными извержениями (1962, 1965 гг., объем пирокластического материала до 0,015 км³).

2. Второе десятилетие (1965-1976 гг.) характеризовалось спокойным внедрением по трещинам и ослабленным зонам купола небольших порций пластичной лавы и жестких блоков в виде даек и лавовых вздутий. Сильные взрывы отсутствовали (объем пирокластических потоков не более 0,005 км³) [5].

3. Последнее десятилетие (1977-1987 гг.) ознаменовалось усилением активности вулкана. Извержения происходили ежегодно и отличались очень короткими, часто сильными, взрывными эпизодами. Стали типичными обвалы ранее сформированных блоков купола и излияния вязких лавовых потоков. Длительность излияния лав увеличивалась иногда до 1 года.

Почти каждое извержение начиналось небольшими взрывами и выжиманием жестких блоков андезитов в верхней активной части купола. В активную стадию

происходили более сильные взрывы и формирование пирокластических потоков длиной 6 - 8 км, объемом 0,006 - 0,02 км³. Пароксизмальная стадия обычно длилась от нескольких часов до 2-3 сут. Пирокластические потоки выпаживали на склонах абразивные рвы, а к 1980 г. у подножия вулкана сформировался глубокий (до 50 м) желоб. Извержения обычно завершались излиянием лавовых потоков длиной от 300 до 500 м. В 1981 и начале 1982 г. лава изливалась с небольшими паузами более 1 года и перекрывала восточные и северо-восточные склоны купола.

Наиболее сильные извержения этого десятилетия произошли в 1984 и 1985 гг. Осеннее извержение 1984 г. характеризовалось мощной эксплозивной фазой с разрушением привершинной части купола, формированием пирокластического потока длиной 8 км [7]. Объем извергнутой пирокластики приближался к 0,02 км³. Извержение завершилось излиянием лавового потока.

Таким образом, эруптивный цикл современной активности вулкана Безымянный предоставил вулканологам редкую возможность изучить катастрофическое извержение типа направленного взрыва 1956 г. и в течение 30 лет наблюдать процесс роста внутрикратерной экструзии, который сопровождался периодическими извержениями разного характера и силы. Поэтому каждое извержение вулкана Безымянный заслуживает внимания. Особенно интересным и информативным оказалось извержение вулкана в 1985 г.

Извержение изучалось группой сотрудников Института вулканологии ДВО АН СССР (экспедиция «Безымянный-85» под научным руководством С. А. Федотова. Ниже приводится описание хода извержения, основанное на непосредственных наблюдениях во время извержения, изучении свежих пирокластических отложений сразу после его окончания, а также на сопоставлении визуальных наблюдений с акустическими и сейсмическими сигналами, которые регистрировались на с/ст. Апахончич [8].

Ход извержения 1985 г.

Извержение 1985 г. явилось неординарным событием во многих отношениях. Оно характеризовалось обвалом части купола, направленным взрывом, формированием серии протяженных пирокластических потоков, отложениями типа пирокластических волн, своеобразием состава вулканических газов [6] и т. д.

Традиционно в характере извержения выделяются следующие стадии: докульминационная, кульминационная, посткульминационная.

Докульминационная стадия. Сейсмичность, предшествующая этому извержению, оказалась более слабой, чем сейсмическая активность осеннего извержения 1984 г. Первые признаки активации вулкана были замечены 12 июня 1985 г. К этому моменту относится формирование первых обвальных лавин, связанных с выжиманием экструзивного блока в вершинной части купола. Схема развития экструзивного блока приведена на рис. 1, а-г.

Выжимание экструзивного блока было неравномерным - активизация процесса отмечалась 18 и 24-25 июня. К концу июня высота выжатого блока достигала 100 м над его основанием (рис. 2, а, б). 29 июня сформировались первые небольшие пирокластические потоки длиной около 5 км.

Кульминационная стадия извержения началась 30 июня и закончилась 1 июля. Наблюдения за ходом извержения проводились из временного лагеря, расположенного на отрогах вулкана Зимина, в 8,5 км от купола Новый, М. А. Алидибировым, А. И. Малышевым, П. П. Фирстовым, а также со станции Апахончич (АПХ) Е. Ю. Ждановой. Условия наблюдения были неблагоприятными, поскольку вершина вулкана большую часть времени была закрыта облаками, и извержение произошло в ночное время суток.

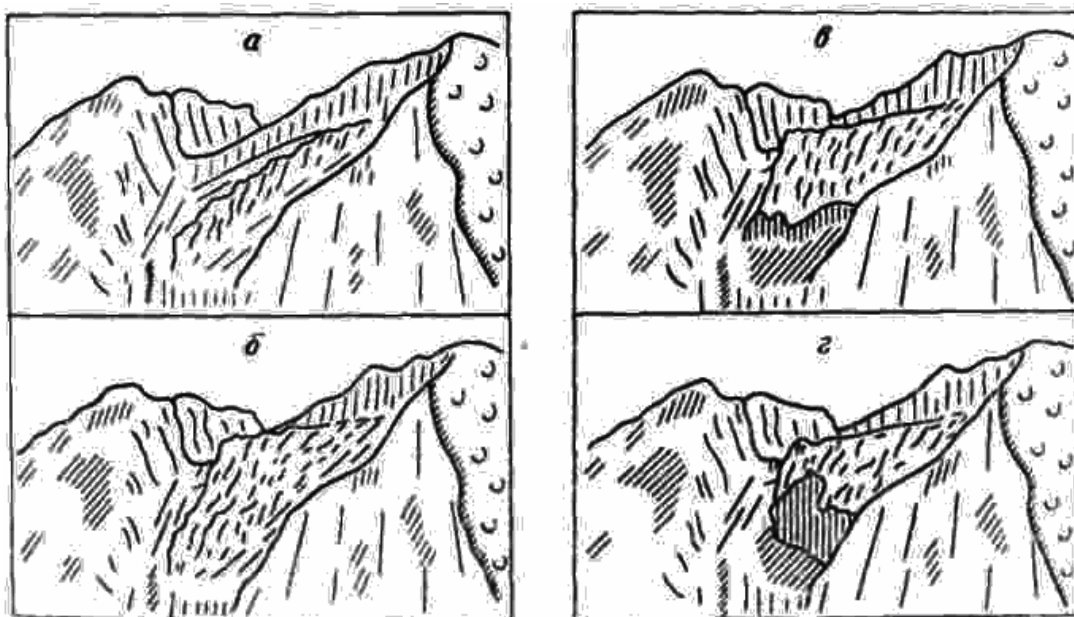


Рис. 1. Схема развития экструзивного блока купола Новый в 1985 г. *а* - 15.VI; *б* - 22.VI; *в* - 24.VI; *г* - 25.VI; составил А. И. Малышев.

Вулкан активизировался 30 июня в 17 час. 15 мин. по местному времени, когда стал слышен гул и грохот, а с 18 час. 30 мин. – раскаты грома. В 20 час. были отмечены помехи в радиосвязи, связанные, по-видимому, с электрическими разрядами. В 20 час. 20 мин. после серии сильных громовых раскатов появились пирокластические потоки, наблюдавшиеся около получаса; отложения раскаленного пирокластического материала заполнили русла двух ручьев на расстоянии около 10 км (рис. 3). Взаимодействие горячей пирокластики с водой ручьев вызвало сильную фреатическую деятельность.

В период формирования пирокластических потоков количество электрических разрядов резко возросло. Из лагеря с расстояния 8,5 км отмечались внутриоблачные разряды во фронтальной части пеплового облака, сопровождающего движение потоков. Характерный размер разрядов составил 200 - 400 м. Грозовая активность оставалась высокой до 23 час, а к 1 час 1 июля количество видимых разрядов и звуковых эффектов от них заметно уменьшилось.

Пирокластические потоки длиной до 8 км отмечались 30 июня в 22 час. 40 мин., 23 час. 05 мин., 23 час. 50 мин. и 1 июля в 00 час. 25 мин. 1 июля, начиная с 1 час. 15 мин., вновь стал слышен гул и грохот обвалов, в 1 час. 35 мин. появился пирокластический поток, в 2 час. 08 мин. еще один. С 2 час. 20 мин стал слышен гул, напоминающий по звуку работу реактивного двигателя. На фоне гула выделялись раскаты грома. Интенсивность гула, частота которого была довольно низкой, менялась со временем. Так, в 2 час. 50 мин, отмечались периоды длительностью 30-40 сек, в течение которых интенсивность звука была максимальной, в 3 час. 00 мин. период колебаний в интенсивности звука составлял 35-40 сек. В 3 час. 17 мин. был слышен сильный равномерный гул длительностью около 140 сек. В это время, по-видимому, между 2 и 3 час, произошел направленный на северо-восток взрыв, спровоцированный обрушением части постройки купола Новый. В результате направленного взрыва были уничтожены два деревянных домика наблюдателей в 3,5 км от купола и сформированы специфические отложения (рис. 4).

В 3 час. 20 мин. широким фронтом скатился светящийся пирокластический поток, температура материала которого, по-видимому, достигала 600-700° С. Он

прошел наибольшее расстояние от кратера – 12,3 км. В этот период молнии наблюдались почти непрерывно. В дальнейшем грозовая активность снизилась и к 6 час. 1 июля почти полностью прекратилась. Утром почти на всей площади пирокластических отложений наблюдалось сильное парение и постоянные фреатические взрывы.

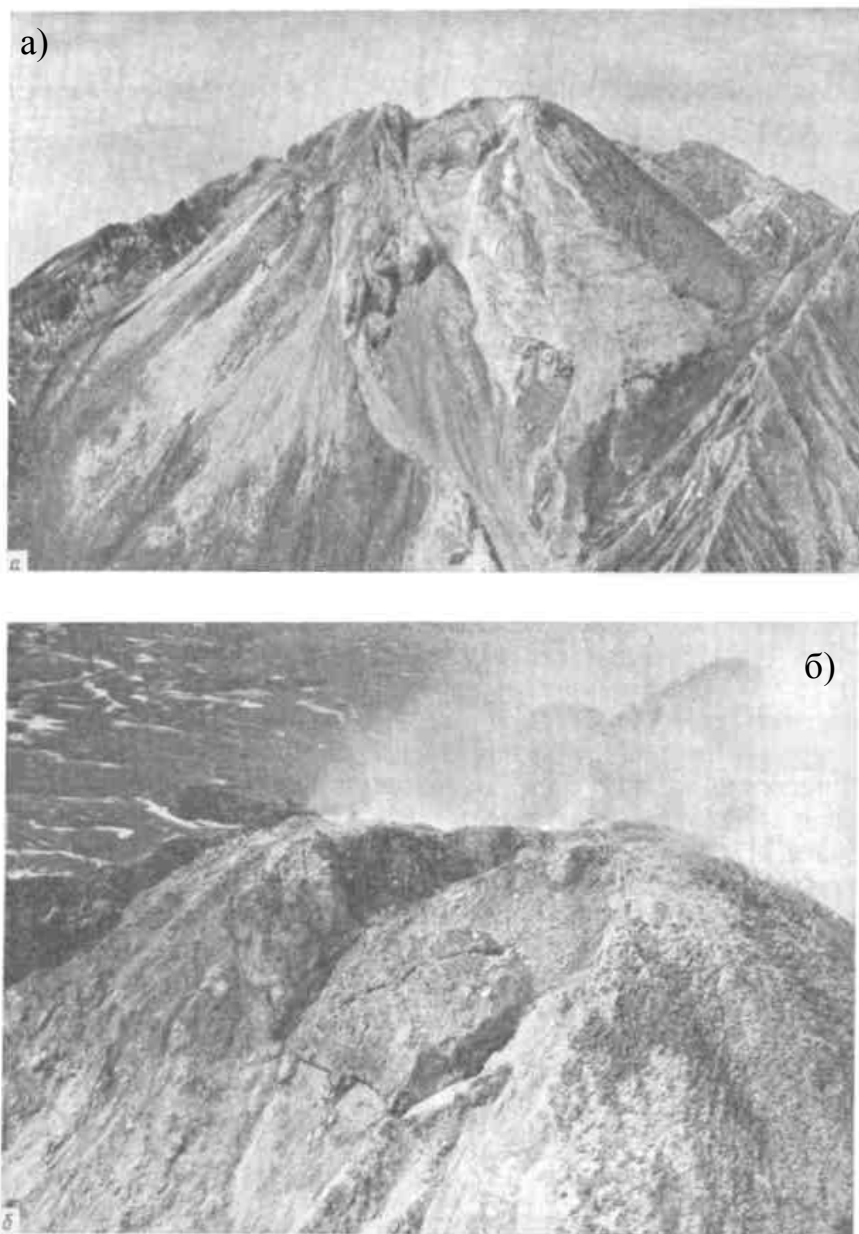


Рис. 2. Состояние купола Новый на 25.VI.1985 г. *а*- общий вид активной зоны; *б* - висячий блок в вершинной части купола. Фото А. Б. Белоусова.

Таким образом, кульминационная стадия началась 30 июня (после 20 час.) серией пирокластических потоков, формирование которых, по-видимому, вызвало и первые обвалы восточного склона купола. Смещение материала разрушенной части купола с ювенильной пирокластикой привело к образованию глыбово-пеплового пирокластического потока.

После небольшого затишья, начиная с 1 час. 15 мин. 1 июля, гул и грохот обвалов усилились и появилась следующая серия пирокластических потоков, давших отложения глыбово-пепловых и ювенильных пирокластических потоков.

Посткульминационная стадия. Активность вулкана резко снизилась. Утром 2 июля образовался пирокластический поток длиной около 4 км. Из кратера начал изливаться лавовый поток; в ночь со 2 на 3 июля можно было наблюдать его свечение. В начале июля экструзивно-эффузивный процесс локализовался в верхней части абразивного желоба, значительно углубившегося и расширившегося во время кульминационной стадии извержения 1985 г.



Рис. 3. Фронтальная часть движущегося пирокластического потока.
(30.VI.1985 г.20 час.20 мин). Фото П. П. Фирстова.



Рис. 4. Домики вулканологов, разрушенные направленным взрывом 1985 г.
Фото П. П. Фирстова.

В этот период наблюдались частые обвалы раскаленного материала от фронта лавового потока и от восточных блоков купола. Внутри впадины, образовавшейся после обвалов и направленного взрыва, к 14 июля появилось секторное поднятие разделившее лавовый поток на верхнюю и нижнюю части.

30 июля на месте секторного поднятия начал формироваться новый блок экструзивного купола, рост которого сопровождался обвальными лавинами, свечением в ночное время и возросшей сейсмической активностью. Дальнейшая активность вулкана сводилась к медленному излиянию лавового потока. Положение фронта лавового потока в период с 31 июля по 8 сентября показано на рис. 5. К середине сентября лавовый поток остановился, заполнив дно абразивной впадины.

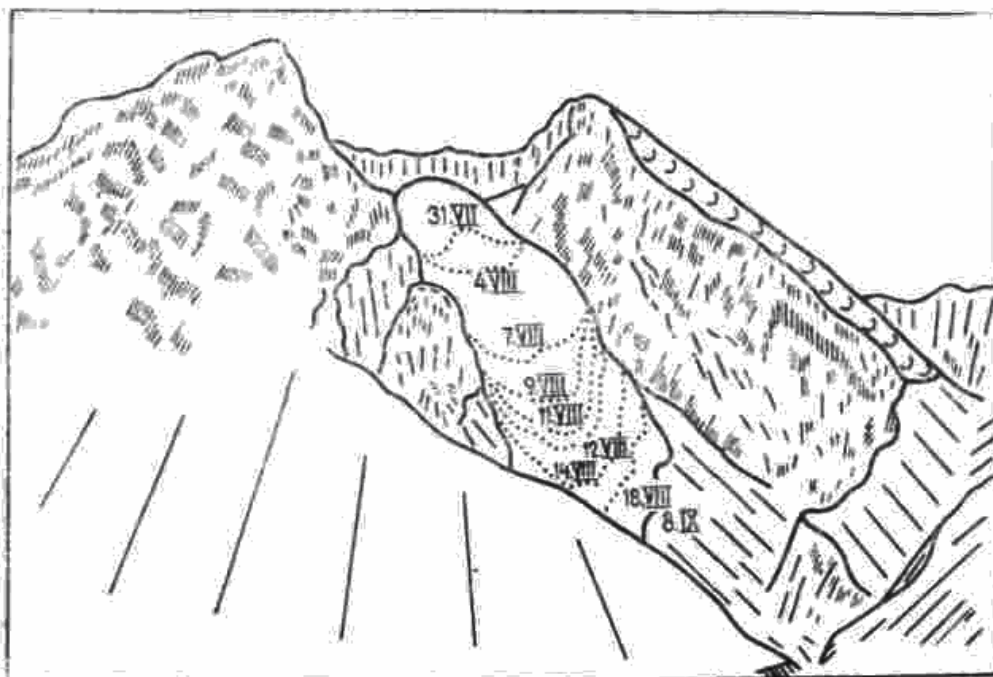


Рис. 5. Схема перемещения фронта лавового потока вулкана Безымянный в период 31.VII-8.IX.1985 г.; составил А. И. Малышев.

После месячного периода покоя с 15 октября вулкан вновь активизировался. Произошла серия небольших обвалов, после которых начал изливаться лавовый поток, прекративший свое движение 14 декабря и заполнивший почти всю абразивную впадину. 20 декабря верхняя часть потока уже была покрыта снегом.

Акустические и сейсмические явления, сопровождавшие извержение 29 июня - 1 июля

Кульминационная стадия извержения сопровождалась сейсмическими и акустическими сигналами, которые регистрировались на с/ст. Апахончич, удаленной от вулкана на 16 км [8].

Среди акустических сигналов выделялись колебания инфразвукового диапазона ($W = 0,4-2,0$ Гц) длительностью до нескольких минут, по времени совпадавшие с непрерывным сейсмическим сигналом (вулканическое дрожание). Кроме того, регистрировались импульсные акустические сигналы, совпадавшие по времени с эксплозивными землетрясениями.

Сопоставление акустической и сейсмической информации с визуальными наблюдениями дало возможность попытаться реконструировать динамику извержения. На рис. 6 приведены мощности сейсмического и акустического сигналов, которые отождествляются нами с формированием пирокластических потоков. Стрелками отмечены пирокластические потоки, наблюдавшиеся непосредственно. На основании анализа акустической информации выделено 16 пирокластических потоков. Наибольшую мощность акустического источника имеют 12-й ($W = 3,6 \cdot 10^8$ Вт) и 14-й ($W = 2,3 \cdot 10^9$ Вт) пирокластические потоки. Мощность сейсмического источника для 14-го пирокластического потока равна $1,8 \cdot 10^8$ Вт.

Акустический сигнал 12-го пирокластического потока в начале записи отличается по форме от других сигналов. Максимальная амплитуда акустического сигнала наступает через 40 с после вступления группы сейсмических волн так же, как и в случае эксплозивных землетрясений. Это указывает на взрывное происхождение данного сигнала. Возможно, что именно 12-му пирокластическому потоку

предшествовал направленный взрыв. Следует отметить, что для большинства событий мощность акустического источника превосходила мощность сейсмического источника, за исключением сигналов 4-го и 5-го пирокластических потоков. Мощность акустического источника зависит от интенсивности теплоотдачи с поверхности потоков, которая определяется их температурой, площадью, газонасыщенностью, характером отложений. Меньшая теплоотдача с поверхности 4-го и 5-го пирокластических потоков может быть объяснена, по-видимому, принадлежностью их к глыбово-пепловому типу.

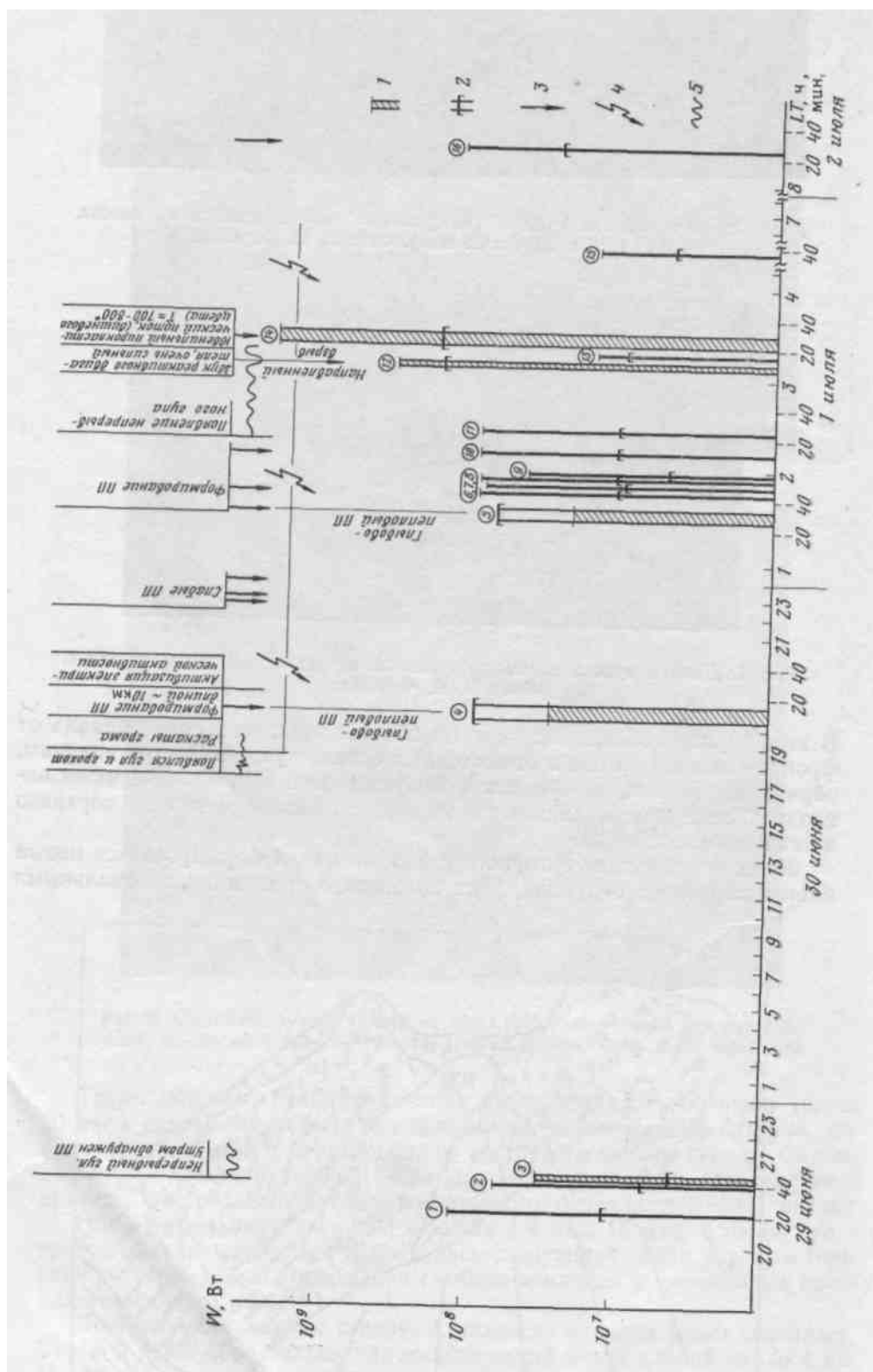


Рис. 6. График мощности акустического и сейсмического источников, сопровождавших извержение вулкана Безымянный. 1 - мощность акустического источника; 2 - мощность сейсмического источника; 3 - визуальные наблюдения пирокластических потоков. (пп); 4 - период грозовой активности; 5 - слышимые звуки; составил П. П. Фирстов.

Типы отложений, связанные с извержением 1985 г.

В данной статье мы определяем типы пирокластических отложений, используя генетическую классификацию, приведенную в работах [9, 10], и терминологию работы [2].

Детальное изучение продуктов извержения 1985 г. дало возможность выделить следующие типы пирокластических отложений: 1) глыбово-пепловых пирокластических потоков; 2) ювенильных пирокластических потоков пористых андезитов; 3) направленного взрыва; 4) пирокластических волн; 5) пеплового облака пирокластических потоков.

Отложения глыбово-пепловых пирокластических потоков типичны для извержений вулкана Безымянный, связанных с развитием купола Новый. Внедрение жестких экструзивных блоков, как правило, сопровождается разрушением отдельных частей купола эксплозиями различной силы и формированием небольших пирокластических потоков.

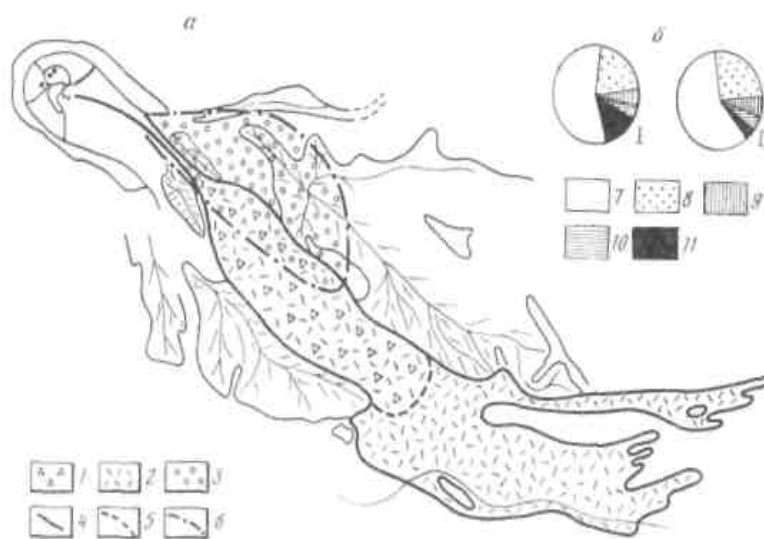


Рис. 7. Схема распространения основных типов пирокластических отложений извержения 1985 г. (а).
1 - глыбово-пепловый пирокластический поток; 2 - ювенильный пирокластический поток пористых андезитов; 3-отложения направленного взрыва; 4-6 - границы распространения отложений ювенильного и глыбово-пеплового потоков, направленного взрыва соответственно. Содержание обломков пород в глыбово-пепловом (I) и ювенильном (II) пирокластических потоках. Размер обломков, м: 7 - 0,05-0,29; 8 - 0,30-0,50; 9 - 0,51-0,70; 10 - 0,71-1,00; 11 - 1,01-3,00; составила О. А. Гирина

В кульминационную стадию извержения 1985 г. в результате серии обвалов был разрушен большой блок восточной части купола Новый. Обломочный материал купола, смешанный с ювенильной пирокластикой, отложился в виде глыбово-пеплового пирокластического потока в пределах узкого сектора восточного подножия вулкана (рис. 7, а) на расстоянии 7-8 км от купола. Наибольшая мощность потока (7-8 м) отмечалась у южного борта и наименьшая (0,5-3 м) - у северного. Общая площадь потока составила около 4 км², объем - около 0,02 км³.

Характерной чертой отложений потока является обилие грубообломочного материала. Наряду с хаотическим распределением обломков, присущим всем пирокластическим потокам, наблюдается некоторая концентрация их в центральной части поля распространения глыбово-пеплового потока. Обломки представлены в основном плотными породами купола Новый; присутствует также пористый ювенильный материал. Незначительную часть образуют блоки, состоящие из слаболитифицированных отложений прошлых пирокластических потоков вулкана и возникшие в процессе проработки желоба.

В целом материал потока представлен крупными глыбами размером 5,0-0,5 м (8-10% всего материала потока), обломками диаметром 0,49-0,05 м (35-45%), гравием и вулканическим пеплом (45-55%). Наряду с преобладанием обломков размером 0,3-0,5 м (20%) отмечается большая доля крупных глыб диаметром более 1 м (10-12%) (рис. 7, б).

Ювенильные пирокластические потоки пористых андезитов¹ спустились по восточному склону вулкана на расстояние до 12,3 км, образовав единый покров с двумя ветвями (см. рис. 7, а). Северная из них узким языком протянулась на 12,3 км, южная - на 11,6 км. Эти пирокластические потоки прокатились по отложениям глыбово-пепловых потоков, перекрыв их слоем в 1,5-2,0 м. В 7-8 км от купола в понижениях рельефа максимальная мощность отложений достигает 5,0-5,5 м. Наибольшая ширина покрова - 1,7 км. В краевых частях отложения постепенно выклиниваются, на фронте потоки окаймляются песчаными отложениями пирокластических волн. Отложения ювенильных пирокластических потоков занимают площадь около 10,5 км² при средней мощности 2,5 м, объем их составляет примерно 0,026 км³.

Отложения этих пирокластических потоков отличаются высоким содержанием заполнителя (60-70% гравия и вулканических пеплов), в который погружены обломки пород размером 5,0-0,5 м (5-7%) и 0,49-0,05 м (25-30%). Обломочный материал состоит из полуокатанных ювенильных пористых андезитов (60%) и из плотных пород купола (40%). Преобладают обломки диаметром 0,3-0,5 м (см. рис. 7, б).

Во время изучения отложений многие крупные глыбы имели температуру поверхности 20-70° С, внутренних частей - 200-300° С и более. В крупных трещинах некоторых глыб наблюдалась вспененная порода.

Особенностью отложений потоков являлась их высокая газонасыщенность и связанная с этим малая плотность сложения - 1,49-1,88 г/см³ (20 измерений). Средний количественно-минералогический состав заполнителя потоков (фракции 0,1-0,063 мм), по данным В.Ю.Кириянова, следующий: вулканическое стекло - 34, плагиоклаз - 46, темноцветные минералы - 8, обломки пород - 4, пироксены - 8%. Медианные диаметры частиц заполнителя потоков равны 0,23-0,3 мм (рис. 8, з).

Указанные особенности — преобладание в материале пирокластических потоков глыб ювенильных андезитов с температурой более 300° С, большая газонасыщенность этих потоков, проявившаяся в подвижности раскаленной пирокластики, отложенной на расстоянии 12,3 км (спустя 2-3 недели после извержения при мощности 2-3 м она имела температуру более 300°С), и специфический ювенильный состав фумарольных газов [6] позволили нам выделить эти отложения во второй тип пирокластических потоков.

Отложения направленного взрыва прослеживаются на расстоянии 5-6 км от купола (см. рис. 7, а). Мощность их меняется от 1,5-2,0 м у подножия вулкана до долей сантиметра в краевых частях. Общая площадь составляет около 7 км², объем примерно 0,001 км³. У подножия вулкана они отложились в виде небольших плоских холмов высотой до 2 м, ориентированных в юго-восточном направлении. С удалением от центра извержения холмы постепенно исчезают, отложения выклиниваются.

Пирокластические отложения направленного взрыва представлены вблизи вулкана грубозернистым гравийно-песчаным неслоистым материалом с крупными (до 15 см) обломками андезитов. По мере удаления от вулкана на 3-4 км отложения становятся слоистыми (с параллельной, иногда косою слоистостью), более мелкозернистыми. Они представлены среднемелкозернистыми песками с медианными диаметрами 0,16 - 0,35 мм (см. рис. 8, з).

¹ Термин «ювенильные» употребляется нами, чтобы отметить различие двух выделенных типов пирокластических потоков и подчеркнуть ювенильность большей части материала второго типа потоков.

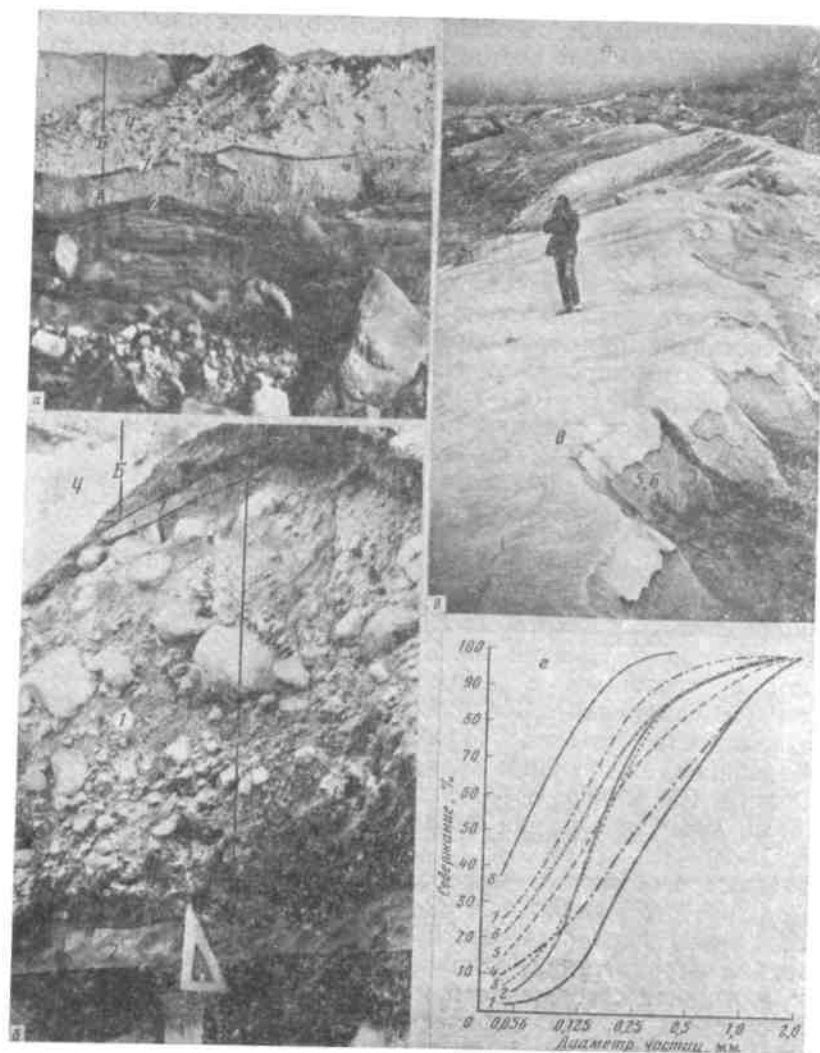


Рис. 8. Пирокластические отложения вулкана Безымянный извержения 1985 г. *а, б* - разрез отложений; руч. Тундровый, от купола Новый в 8 км. Фото А. И. Малышева; *в* - дюнный рельеф отложений пирокластических волн, в 5,5 км от купола Новый. Фото О. А. Гириной; *г* - кумулятивные кривые гранулометрического состава пирокластических отложений. 1 - заполнитель пирокластического потока А; 2 - заполнитель отложений пирокластической волны А; 3 - заполнитель отложений направленного взрыва [1]; 4 - заполнитель пирокластического потока Б; 5, 6 - заполнитель отложений пирокластической волны; 7 - заполнитель пирокластической волны Б; 8 - отложения теплового облака пирокластических потоков; составила О. А. Гирина. Цифры на фото *а, б, в* соответствуют цифрам на кумулятивных кривых.

При детальном изучении отложений [1] на расстоянии ~ 3 км от вулкана выделена промежуточная зона, в которой отложения направленного взрыва имеют два слоя: нижний представлен крупнозернистым плохо сортированным песком с большим количеством обломков андезита размером до 2 см; верхний слой состоит из слегка слоистого хорошо сортированного среднезернистого, сверху мелкозернистого песка с редкими обломками андезитов.

Отложения пирокластических волн для извержений вулкана Безымянный, связанных с развитием внутрикратерной экструзии, изучены нами впервые.

Отложения обнаружены в основании пирокластических потоков, на их поверхности, а также вокруг потоков и за их фронтом. В быстро размываемых ручьями рыхлых горячих отложениях ювенильных пирокластических потоков через 2 нед. после их извержения нам удалось изучить разрезы, состоящие из 2-3 единиц пирокластических потоков, налегающих одна на другую. В этих разрезах отложения пирокластических волн подстилают каждую единицу пирокластического потока (см. рис. 8, *а, б*). Материал отложений пирокластических волн в этом случае представлен

хорошо сортированными однородными мелко- и среднезернистыми песками с медианными диаметрами 0,10-0,15 мм. Отмечается парагенетическая связь отложений волн с соответствующими пирокластическими потоками: например, крупнозернистому заполнителю потока соответствуют мелкозернистые отложения волны, мелкозернистому – тонкозернистые (см. рис. 8, б, з). Средний количественно-минералогический состав отложений пирокластических волн 2 и 7 (см. рис. 8, б фракции 0,1-0,063 мм) следующий: вулканическое стекло - 16, плагиоклаз - 51, темноклетчатые минералы - 10, обломки пород - 13, пироксены - 10% (по данным В. Ю. Кирьянова).

Вокруг потоков отложения пирокластических волн встречаются в виде отдельных пятен, дюн, заплесков на окрестные холмы или образуют характерный дюнный рельеф (см. рис. 8, в). Отложения часто имеют четкую горизонтальную или косую слоистость, иногда характеризуется массивной текстурой. Они обычно облекают подстилающие породы. Материал представлен преимущественно мелко-среднезернистыми песками с медианными диаметрами 0,09-0,17 мм. Встречаются также линзы более крупнозернистых отложений и обломки размером до нескольких сантиметров. Плотность естественного сложения материала - 1,43-1,59 г/см³ (19 измерений). Мощность отложений в среднем составляет 0,4-0,5 м и объем по приблизительным оценкам - 0,005 км³. Парагенетическая связь этих отложений с пирокластическими потоками, хорошая сортировка материала, а также наличие облекающей и косой слоистости позволили нам отнести этот материал к отложениям пирокластических волн.

Отложения пеплового облака пирокластических потоков после окончания извержения сплошным чехлом покрывали окрестности вулкана и отмечались также в разрезах пирокластических отложений (в кровле единиц пирокластических потоков).

В процессе движения пирокластики по склону вулкана происходит дифференциация материала - более грубый, тяжелый тяготеет к подстилающей поверхности земли (спирокластические потоки), легкий тонкий пепел поднимается вверх. В результате во время формирования пирокластических потоков над ними всегда существует пепловое облако. Процесс выпадения пеплов из облака начинается спустя некоторое время после остановки потоков. Мощность отложений зависит от направления ветра и гравитационной дифференциации материала. Так, вблизи купола мощность пеплов облака пирокластических потоков достигала 5-6 см, а на склонах сопки Зиминых, обращенных к вулкану, в районе экзтрузивных куполов Плотины - 1,0-1,5 см. Материал представлен алевропелитом с медианными диаметрами частиц вблизи вулкана 0,06-0,07 мм (см. рис. 8, в, г). В основании отложений отмечались аккреционные лапилли диаметром до 0,5 см.

Состав продуктов извержения 1985 г.

Обломки и глыбы ювенильных андезитов пирокластических потоков представлены черными, темно- и светло-зелеными, темно- и светло-серыми роговообманково-пироксеновыми андезитами с вариациями текстур от очень плотных, стекловатых разностей до пористых.

Содержание SiO₂ в ювенильных глыбах, в заполнителе пирокластических потоков, в отложениях направленного взрыва и пирокластических волн близкое как по пределам вариаций, так и по средним значениям - 54,2-58,7% (56,1-56,5%). Заметно более кислый состав имеют отложения пепловых облаков пирокластических потоков: 60,4-61,6% (60,9%) SiO₂ (табл. 1).

Таблица 1

**Вариации и средний химический состав пирокластических образований
вулкана Безымянный, извержение 1985 г.**

Окислы	Обломки андезитов пирокластического потока (n=20)	Заполнитель пирокластического потока (n=5)	Вулканические пески направленного взрыва(n=7)	Пеплы (n=5)
SiO ₂	58,70 – 54,20 (56,54)	57,14 – 54,82 (56,09)	57,24 – 55,20 (56,24)	61,60 – 60,52 (60,86)
TiO ₂	0,92 – 0,69 (0,81)	0,83 – 0,75 (0,79)	0,88 – 0,66 (0,68)	0,78 – 0,65 (0,71)
Al ₂ O ₃	18,53 – 17,06 (18,10)	18,62 – 18,45 (18,48)	18,04 – 17,65 (17,95)	18,00 – 17,13 (17,76)
FeO	4,51 – 1,99 (3,02)	4,62 – 3,34 (3,94)	5,45 – 3,31 (4,05)	3,56 – 2,82 (3,28)
Fe ₂ O ₃	5,97 – 2,87 (4,51)	4,28 – 3,10 (3,40)	4,25 – 3,25 (3,70)	2,84 – 2,28 (2,59)
MnO	0,12 – 0,08 (0,10)	0,12 – 0,06 (0,10)	0,14 – 0,08 (0,11)	0,11 – 0,09 (0,10)
MgO	5,97 – 3,04 (3,98)	4,92 – 3,40 (4,08)	4,62 – 3,84 (4,20)	3,80 – 3,00 (3,56)
CaO	8,46 – 6,97 (7,67)	8,00 – 7,74 (7,83)	7,93 – 7,36 (7,52)	6,37 – 5,39 (5,70)
Na ₂ O	3,50 – 2,89 (3,22)	3,31 – 3,07 (3,22)	3,38 – 2,75 (3,11)	3,68 – 3,17 (3,33)
K ₂ O	1,38 – 1,00 (1,24)	1,27 – 1,00 (1,18)	1,36 – 1,05 (1,23)	1,66 – 1,47 (1,55)
H ₂ O ⁺	0,58 – 0,13 (0,25)	0,30 – 0,24 (0,26)	0,23 – 0,17 (0,20)	0,15 – 0,15 (0,15)
H ₂ O ⁻	0,50 – 0,05 (0,21)	0,30 – 0,03 (0,22)	0,31 – 0,06 (0,18)	0,36 – 0,15 (0,30)
P ₂ O ₅	0,52 – 0,02 (0,28)	0,20 – 0,00 (0,12)	0,31 – 0,00 (0,22)	0,59

Примечание. (n=20) – количество анализов; в скобках – средний состав; аналитики: Н. Р. Гусакова, Г. Ф. Князева, лаборатория ИВ ДВО АН СССР.

По петрохимическим особенностям все продукты извержения относятся к породам нормального по щелочности ряда известково-щелочной серии и являются типичными для датированных извержений вулкана Безымянный.

Породы имеют серийно-порфировую структуру. Вкрапленники представлены плагиоклазом (*Pl*), орто- и клинопироксенами (*OPx*, *CPx*), магнетитом (*Mt*), редкими кристаллами роговой обманки (*Amf*) и единичными зернами оливина (*Ol*). Количественно-минералогический состав пород показан в табл. 2.

Таблица 2

Количественно-минералогический состав андезитов, вулкан Безымянный, 1985 г.

Андезиты	Вкрапленники, %							Основная масса, %
	<i>Pl I</i>	<i>Pl II</i>	<i>Pl III</i>	<i>OPx</i>	<i>CPx</i>	<i>Mt</i>	<i>Amf</i>	
Ювенильные	21,00	13,30	16,10	10,50	4,90	3,50	0,70	30
	20,46	11,16	11,60	8,06	4,96	3,72	2,48	38
Резургентные	18,85	16,90	9,10	5,85	6,50	5,20	2,60	35
	17,55	14,30	13,65	5,20	5,85	4,55	3,25	32

Примечание. Ювенильные андезиты - свежий материал, поступивший на поверхность при извержении 1985 г. Резургентные андезиты - материал постройки купола Новый.

Плагиоклаз. Выделяются три его генерации. Плагиоклазы первой генерации (*Pl* = 1) имеют размеры зерен 1,5-3,0 мм и состоят из достаточно однородного ядра (*An* 65-70%) и нескольких зон. Первая от ядра, менее кальциевая зона (*An* 56-60%) содержит включения стекла и пузырьков газа. Вторая характеризуется ритмической зональностью, где содержание *An* изменяется от 40 до 72%. Краевая кайма более кислая - *An* 25-32%). Границы второй зоны неровные, резорбированные. Вкрапленники *Pl* = II имеют размеры 0,5-0,6 мм, причем ядра их по морфологии и составу

соответствуют вторым зонам $P1 = I$, а краевые каймы - каймам $P1 = I$. Наконец, вкрапленники $P1 = III$ (субфенокристы) размером 0,1-0,2 мм близки по составу краевым каймам $P1 = I$ и $P1 = II$ (An 22-47%).

Пироксен. Для орто- и клинопироксенов отмечаются две генерации. $OPx = I$ представлен вытянутыми призмами размером 0,7-1,5 мм. По оптическим свойствам минерал относится к гиперстену с составом En 52-76%. Встречаются зональные зерна с более магнезиальным ядром, отмечается обрастание этого минерала моноклинным пироксеном и магнетитом. $OPx = II$ образует мелкие изометричные призмы и таблички размером 0,1-0,3 мм с содержанием En 68-75%. $CPx = I$ встречается в виде четко ограненных призм и округленных зерен размером 0,7-1,2 мм. Вокруг отдельных зерен наблюдается тонкая оторочка магнетита. $CPx = II$ представлен изометричными кристаллами диаметром 0,1-0,3 мм. Отмечается обрастание им гиперстена, замещение роговой обманки. Кристаллы $CPx = I$ и $CPx = II$ зональны, по оптическим свойствам относятся к авгиту.

Магнетит. Образует ксеноморфные кристаллы размером 0,3-0,5 мм, приуроченные к вкрапленникам пироксенов, а также в виде идиоморфных выделений замещает ортопироксены, роговую обманку и т. д.

Таблица 3

Соотношение стекла и минералов в основной массе, %

Основная масса, %	Стекло	Плаггиоклаз	Пироксен	Магнетит
с бурым стеклом	70	15	10	5
с бесцветным стеклом	85	7	5	3

Роговая обманка. Обыкновенная роговая обманка изредка встречается почти во всех разностях пород в виде опацизированных в разной степени бурых кристаллов размером 0,8—2,5 мм. Часто полностью или частично замещена агрегатами плаггиоклаза, пироксенов, магнетита. В отдельных случаях отмечаются мелкие кристаллы базальтической роговой обманки более темной окраски.

Оливин. Встречается в виде единичных зерен округленной формы размером 0,4-0,5 мм. Вокруг зерен по неровной границе развивается ортопироксен.

Структура основной массы гиалопилитовая, местами интерстальная. В чистое прозрачное стекло погружены многочисленные микролиты плаггиоклаза, пироксенов, магнетита. Соотношение стекол различной окраски и микролитов показано в табл. 3.

Наличие нескольких генераций породообразующих минералов позволяет проследить последовательность их кристаллизации. Ядра $P1 = I$, Ol , $OPx = I$, Amf и, возможно, Mt кристаллизовались, вероятно, в сравнительно стабильных условиях глубинного очага, обогащенного летучими до извержения. Образование ритмической зональности плаггиоклазов, более поздних генераций пироксенов, магнетита, а также распад роговой обманки происходили в неравновесных условиях, по-видимому, в процессе подъема магмы по вулканическому каналу. На завершающей стадии кристаллизации в приповерхностной или поверхностной обстановке формировались каймы вкрапленников и микролиты.

Заключение

1. Извержение вулкана Безымянный в 1985 г. продолжалось с 12 июня по 14 декабря, характеризовалось проявлением всех стадий экстрезивного, эксплозивного и эффузивного процессов.

2. Отличительной особенностью данного извержения явилась фаза направленного взрыва, спровоцированная обрушением части купола Новый.

3. Детальные исследования продуктов извержения 1985 г. помогли восстановить ход извержения вулкана и выделить генетические типы пирокластических отложений. Это извержение отличается от предыдущих образованием протяженных ювенильных пирокластических потоков (12,5 км). Отмечены четко выраженные отложения пирокластических волн и пеплового облака пирокластических потоков.

4. Выделенные генерации порообразующих минералов отражают этапы их глубинной и поверхностной кристаллизации. По петрохимическим особенностям все продукты извержения относятся к породам нормального щелочного ряда известково-щелочной серии и являются типичными для датированных извержений вулкана Безымянный.

5. Особенности извержения позволяют рассматривать его как одно из наиболее интересных и сильных извержений вулкана после 1956 г. Хотя объемы продуктов извержений 1956 г. (3 км³) и 1985 г. (0,05 км³) несопоставимы, можно отметить сходство в проявлении различных процессов обоих извержений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алидибиров М. А., Белоусов А. Б., Кравченко Н. М. Фаза направленного взрыва вулкана Безымянного в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1987. № 5. С. 81-89.
2. Богоявленская Г. Е., Брайцева О. Л. О генетической классификации пирокластических отложений извержения вулкана Безымянный 1955-1956 гг. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 39-56.
3. Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. 25 лет вулканической активности вулкана Безымянный // Вулканология и сейсмология. 1981. № 2. С. 3-13.
4. Горшков Г. С., Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1956-1965 гг. // М.: Наука, 1965. 170 с.
5. Кирсанов И. Т. Экструзивные извержения на вулкане Безымянный в 1965-1974 гг. и их геологический эффект // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1976. С. 50-69.
6. Меняйлов И. А., Никитина Л. П., Шапарь В. Н. Химический состав и изотопные отношения газов пирокластических потоков извержения вулкана Безымянный в июле 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1987. № 4. С. 40-49.
7. Федотов С. А., Иванов Б. В., Двигало В. Н. и др. Деятельность вулканов Камчатки и Курильских островов в 1984 г. // Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 3-23.
8. Фирстов П. П. Особенности акустических и сейсмических сигналов, зарегистрированных во время извержения 1983-1985 гг. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 2. С. 81-97.
9. Fisher R. V., Schmincke H. U. Pyroclastic rocks. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, N. Y., Tokyo, 1984. P. 472.
10. Wright J. V., Smith A. L., Self S. A working terminology of pyroclastic deposits // J. Volcanol. Geotherm. Res. 1980. № 8. P. 315-336.